饲粮不同谷氨酸和天冬氨酸水平对仔猪器官指数、血清生化指标和激素含量的影响

黎育颖[1,2] 韩 慧[1,2] 王 倩[3] 李春勇[1] 姚继明[4] 邓近平[3,5] 范文君[4] 李铁军[1,4,6*]

（1.中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，畜禽养殖污染控制与资源化技术国家工程实验室，湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心，农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站，长沙 410125；2.中国科学院大学，北京 100039；3.湖南农业大学动物科技学院，长沙 410125；4.广东旺大集团猪清洁饲料技术研发院士工作站，广州 510663；5.华南农业大学动物科学学院，广州 510642；6.湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128）

摘 要：本试验旨在研究饲粮不同谷氨酸和天冬氨酸水平对仔猪器官指数、血清生化指标和激素含量的影响。选取 42 头 35 日龄健康三元（杜×长×大）杂交断奶仔猪，随机分为 6 组，每组 7 个重复，每个重复 1 头猪。对照组（NC 组）饲粮谷氨酸和天冬氨酸水平分别为 2.9%和 1.5%，其余各组在 NC 组的基础上调整饲粮谷氨酸和天冬氨酸水平分别为 2.9%和 1.3%（LA 组）、2.9%和 1.7%（HA 组）、2.6%和 1.5%（LG 组）、3.2%和 1.5%（HG 组）、3.5%和 1.5%（HHG 组）。试验期为 21 d。于试验结束时测定仔猪器官指数、血清生化指标和激素含量。结果表明：1)饲粮不同谷氨酸和天冬氨酸水平对仔猪各器官指数均无显著影响（$P>0.05$）。2）LA 组和 NC 组血清甘油三酯含量显著低于 HA 组($P<0.05$)，HG 组和 HHG 组血清甘油三酯含量显著低于 LG 组($P<0.05$)，LG 组血清白蛋白含量显著低于 NC 组和 HG 组($P<0.05$)，LG 组和 HG 组血清葡萄糖含量显著低于 HHG 组($P<0.05$)。3）HA 组血清胃抑素含量显著低于 LA 组($P<0.05$)，LG 组和 HG 组血清胰岛素含量显著高于 HHG 组($P<0.05$)，LG 组和 HG 组血清胰高血糖素含量显著低于 HHG 组($P<0.05$)，LG 组和 NC 组血清生长激素含量显著低于 HHG 组($P<0.05$)。由此可见，饲粮不同谷氨酸和天冬氨酸水平影响了仔猪血清生化指标和激素含量，但是对器官发育无显著影响。

关键词：酸性氨基酸；谷氨酸；天冬氨酸；仔猪；器官指数；血清生化指标；激素

收稿日期：2017-09-30

项目基金：国家 973 课题（2013CB127301）；国家自然科学基金面上项目（31472106，31272463）；中国农业研究系统(CARS-35)；湖南省重点研发计划项目（2017NK2320）

作者简介：黎育颖（1992-），女，湖南岳阳人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 13651062526@163.com

*通信作者：李铁军，研究员，博士生导师，E-mail: tjli@isa.ac.cn

谷氨酸(Glu)和天冬氨酸（Asp）等电点都小于 7，属于酸性氨基酸，在传统营养学认为 Glu 和 Asp 属于非必需氨基酸[1]。并且，在神经系统中，Glu 和 Asp 作为兴奋性神经递质，被认为是兴奋性氨基酸[2]。但近年来研究表明，Glu 和 Asp 作为功能性氨基酸在体内发挥重要作用[3-4]。Glu 和 Asp 作为机体组织器官能量的主要来源之一，或者通过脱羧基或转氨基作用转化为其他营养物质，如谷氨酰胺、谷胱甘肽、瓜氨酸、α-酮戊二酸、二氧化碳等，在改善组织器官结构和功能[5]及缓解应激方面发挥重要作用[3, 6]。石海峰等[5]研究表明，仔猪注射脂多糖（LPS）后，基础饲粮中添加 0.5%或 1.0% Asp 能够显著缓解 LPS 刺激导致的平均日增重下降。吴苗苗等[7]的研究表明，饲粮中添加 2% Glu 对脱氧雪腐镰刀菌烯醇（DON）导致的仔猪平均日采食量下降有一定缓解作用，并能显著提高饲喂 DON 饲粮的仔猪平均日增重和降低料重比。段杰林[8]研究也表明，饲粮中添加 1% Asp 和 2% Glu 显著缓解了应激带来的生长性能的抑制。本课题组前期研究表明，饲粮 Asp 水平为 1.3%～1.5%、Glu 水平为 2.6%～2.9%时，可促进断奶仔猪的生长，有利于氨基酸的利用；而饲粮 Glu 水平为 3.2%～3.5%或 Asp 水平为 1.7%时，抑制断奶仔猪的生长。而且利用尤氏灌流技术可知 Asp 和 Glu 在转运过程中高 Glu 或 Asp 含量会抑制 Asp 或 Glu 的吸收[9]。这预示着 Glu 和 Asp 可作为功能性氨基酸在机体内发挥重要的作用。然而饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对健康的断奶仔猪器官指数、血清生化指标和激素含量的影响，则鲜有研究报道。因此，本试验探讨了饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对断奶仔猪器官指数、血清生化指标和激素含量的影响，以期为饲粮中合理利用 Glu 和 Asp 提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

选取 35 日龄健康三元杂交（杜×长×大）断奶仔猪 42 头[公母各占 1/2，体重（13.24±0.25）kg]，随机分为 6 个组，每组 7 个重复，每个重复 1 头猪，单栏饲养。饲粮标准回肠可消化 Glu 和 Asp 水平分别设计为：对照组(control group，NC 组)Glu 和 Asp 水平分别为 2.9%和 1.5%，低 Asp 组（low Asp group，LA 组）Glu 和 Asp 水平分别为 2.9%和 1.3%，高 Asp 组（high Asp group，HA 组）Glu 和 Asp 水平分别为 2.9%和 1.7%，低 Glu 组（low Glu group，LG 组）Glu 和 Asp 水平分别为 2.6%和 1.5%，高 Glu 组（high Glu group，LG 组）Glu 和 Asp 水平分别为 3.2%和 1.5%，极高 Glu 组（highly high Glu group，HHG 组）标准回肠可消化 Glu 和 Asp 水平分别为 3.5%和 1.5%。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	组别 Groups					
	NC	LA	HA	LG	HG	HHG
原料 Ingredients						
膨化大豆 Extruded soybean	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
豆粕 Soybean meal	12.000	13.000	11.000	12.500	11.000	10.000
鱼粉 Fish meal	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
膨化玉米 Extruded corn	33.000	33.000	33.000	33.000	33.000	33.000
玉米 Corn	33.000	32.600	33.900	33.000	33.900	34.000
豆油 Soybean oil	1.000	0.950	0.850	0.900	0.850	0.850
葡萄糖 Glucose	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
石粉 Limestone	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
食盐 NaCl	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
乳清粉 Whey power	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
蔗糖 Sucrose	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
柠檬酸 Citric acid	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
氧化锌 ZnO	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
氯化胆碱 Choline chloride	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
赖氨酸 Lysine	0.685	0.655	0.715	0.670	0.715	0.745
蛋氨酸 Methionine	0.210	0.200	0.220	0.205	0.220	0.230
苏氨酸 Threonine	0.240	0.230	0.260	0.235	0.255	0.270
色氨酸 Tryptophan	0.065	0.060	0.070	0.060	0.065	0.070
多维 Multi-vitamin	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
有机矿精 Microelement	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
天冬氨酸 Aspartate	0.320	0.070	0.570	0.200	0.260	0.310
谷氨酸 Glutamate	0.070		0.130		0.500	1.000
统糠 Rice mill by-product	0.620	0.445	0.495	0.440	0.445	0.735
合计 Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels						
消化能 Digestible energy/（MJ/kg）	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61
粗蛋白质 Crude protein	17.16	17.16	17.16	17.16	17.16	17.16
钙 Ca	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
总磷 TP	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
有效磷 AP	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
赖氨酸 Lys	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
蛋氨酸 Met	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
苏氨酸 Thr	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
色氨酸 Trp	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
谷氨酸 Glu	2.9	2.9	2.9	2.6	3.2	3.5
天冬氨酸 Asp	1.5	1.3	1.7	1.5	1.5	1.5

多维和有机矿精为每千克饲粮提供 The multi-vitamin and microelement provided the following per kg of diets：烟酸 nicotinic acid 50 mg，泛酸 pantothenic acid 5 mg，叶酸 folic acid 2 mg，生物素 biotin 0.2 mg，VA 10 800 IU，VD_3 4 000 IU，VE 40 IU，VK_3 4 mg，VB_1 6 mg，VB_2 12 mg，VB_6 6 mg，VB_{12} 0.05 mg，Cu

5 mg，Fe 80 mg，Mn 3 mg，Zn 85 mg，Mn 0.1 mg，Se 0.3 mg。

1.2　饲养管理与屠宰

本试验在中科院亚热带农业生态研究所动物饲养室进行，全封闭式猪舍，漏缝金属材质底面，不锈钢可调式料槽，乳头式饮水器。仔猪单笼饲养，并按照猪场标准饲养管理程序对试验猪进行驱虫与免疫处理。仔猪自由饮水和采食，粉料饲喂。整个圈舍采取自然通风，保持清洁，在养殖期内对所在圈舍进行不定期消毒。试验期 21 d。于饲养试验结束后，每组随机选取 6 头猪，共 42 头猪，在禁食 24 h 后进行屠宰。

1.3　测定指标及方法

1.3.1　器官指数的检测

于第 21 天，禁食 24 h 后，称取宰前活重，再进行屠宰解剖，取出心脏、肝脏、脾脏和肾脏，吸干表面水分后进行称重。器官指数按以下公式计算：

器官指数（%）=器官重量（g）/[仔猪活重（kg）×10]。

1.3.2　血清生化指标的检测

于饲养试验结束后对断奶仔猪空腹采集前腔静脉血液 10 mL，3 000 r/min、4 ℃离心 10 min，-20 ℃冻存。用 CX4 型全自动生化分析仪(Beckman 公司，美国)测定血清中总蛋白（total protein，TP）、白蛋白（albumin，ALB）、尿素氮（urea nitrogen，UN）、葡萄糖（glucose，GLU）和甘油三酯（triglyceride，TG）含量。测定方法按照试剂盒（南京建成生物工程研究所）操作说明进行。

1.3.3　血清激素含量的检测

采用酶联免疫吸附测定（enzyme linked immune sorbent assay,ELISA）法（南京华东电子集团医疗装备有限责任公司）测定血清中胰岛素（insulin，INS）、胰高血糖素（glucagon，GC）、胃抑素（gastric inhibitory polypeptide，GIP）、胰高血糖素样肽-I（glucagon-like peptide Ⅰ，GLP-I）、生长激素（growth hormone，GH）以及胰岛素生长因子-I（insulin-like growth factor Ⅰ，IGF-I）的含量。测定方法按照 ELISA 试剂盒（南京建成生物工程研究所）操作说明进行。

1.4　数据统计分析

所有数据用 Excel 2010 软件进行归纳整理，采用 SPSS 18.0 软件中的单因素方差分析（one-way ANOVA）进行统计分析，差异显著性用 Duncan 氏法进行多重比较，数据以平均值±标准误表示，以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2　结　果

2.1　饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪器官指数的影响

如表 2 所示，饲粮不同 Asp 水平对仔猪心脏指数、肝脏指数、脾脏指数以及肾脏指数均无显著影响(P>0.05)。

表 2　饲粮不同 Asp 水平对仔猪器官指数的影响

Table 2　Effects of dietary different Asp levels on organ indexes of piglets　%

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	LA	NC	HA	
心脏指数 Heart index	0.52±0.02	0.54±0.02	0.55±0.01	0.647
肝脏指数 Liver index	2.73±0.11	2.55±0.09	2.56±0.04	0.300
脾脏指数 Spleen index	0.22±0.01	0.21±0.01	0.20±0.01	0.481
肾脏指数 Kidney index	0.47±0.02	0.43±0.02	0.44±0.03	0.371

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

如表 3 所示，饲粮不同 Glu 水平对仔猪心脏指数、肝脏指数、脾脏指数以及肾脏指数均无显著影响(P>0.05)。

表 3　饲粮不同 Glu 水平对仔猪器官指数的影响

Table 3　Effects of dietary different Glu levels on organ indexes of piglets　%

项目 Items	组别 Groups				P 值 P-value
	LG	NC	HG	HHG	
心脏指数 Heart index	0.54±0.02	0.52±0.02	0.54±0.02	0.53±0.02	0.862
肝脏指数 Liver index	2.55±0.09	2.54±0.09	2.76±0.18	2.75±0.18	0.569
脾脏指数 Spleen index	0.21±0.01	0.26±0.03	0.23±0.02	0.22±0.02	0.300
肾脏指数 Kidney index	0.43±0.02	0.47±0.02	0.49±0.04	0.45±0.00	0.340

2.2　饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪血清生化指标的影响

如表 4 所示，饲粮不同 Asp 水平对仔猪血清中 TP、ALB、UN、GLU 含量均无显著影响(P>0.05)，LA 组和 NC 组血清 TG 含量显著低于 HA 组(P<0.05)。

表 4　饲粮不同 Asp 水平对仔猪血清生化指标的影响

Table 4　Effects of dietary different Asp levels on serum biochemical parameters of piglets

项目 Items	组别 Groups			*P* 值 *P*-value
	LA	NC	HA	
总蛋白 TP/(g/L)	57.98±1.70	58.83±1.77	59.33±1.37	0.840
白蛋白 ALB/(g/L)	41.42±1.97	41.28±2.25	37.67±0.45	0.323
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.48±0.41	3.99±0.52	4.03±0.69	0.742
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	5.00±0.22	5.72±0.33	6.60±0.98	0.211
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.47±0.05[b]	0.47±0.04[b]	0.72±0.07[a]	0.009

如表 5 所示，饲粮不同 Glu 水平对仔猪血清中 TP 和 UN 含量无显著影响(*P*>0.05)，LG 组血清 ALB 含量显著低于 NC 组和 HG 组(*P*<0.05)，LG 组和 HG 组血清 GLU 含量显著低于 HHG 组(*P*<0.05)，HG 组和 HHG 组血清 TG 含量显著低于 LG 组(*P*<0.05)。

表 5　饲粮不同 Glu 水平对仔猪血清生化指标的影响

Table 5　Effects of dietary different Glu levels on serum biochemical parameters of piglets

项目 Items	组别 Groups				*P* 值 *P*-value
	LG	NC	HG	HHG	
总蛋白 TP/(g/L)	58.28±2.09	58.83±1.77	54.03±1.29	56.24±0.16	0.509
白蛋白 ALB/(g/L)	38.84±0.77[b]	41.28±2.25[a]	41.00±0.79[a]	35.95±2.63[ab]	0.045
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.79±0.38	3.99±0.52	3.54±0.25	3.06±0.27	0.358
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	4.88±0.18[b]	5.72±0.33[ab]	4.70±0.17[b]	6.61±0.90[a]	0.039
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.63±0.07[a]	0.47±0.04[ab]	0.54±0.04[b]	0.42±0.03[b]	0.045

2.3　饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对断奶仔猪血清激素含量的影响

如表 6 所示，饲粮不同 Asp 水平对仔猪血清中 INS、GC、GLP-I、GH 以及 IGF-I含量无显著影响(*P*>0.05)，HA 组血清 GIP 含量显著低于 LA 组(*P*<0.05)。

表 6　饲粮不同 Asp 水平对仔猪血清激素含量的影响

Table 6　Effects of dietary different Asp levels on serum hormone contents of piglets

项目 Items	组别 Groups			*P* 值 *P*-value
	LA	NC	HA	
胰岛素 INS/(mIU/L)	7.86±0.17	7.72±0.22	7.14±0.46	0.252
胰高血糖素 GC/(pg/mL)	115.42±1.53	145.03±9.88	161.14±22.09	0.195
胃抑素 GIP/(pg/mL)	87.09±4.34[a]	74.10±3.18[ab]	69.18±7.81[b]	0.089

胰高血糖素样肽-Ⅰ GLP-Ⅰ/(pg/mL)	217.06±16.78	211.13±13.68	202.07±17.53	0.805
生长激素 GH/(ng/mL)	1.03±0.11	1.04±0.12	1.13±0.11	0.788
胰岛素生长因子-Ⅰ IGF-Ⅰ/(U/mL)	8.95±0.59	8.24±0.58	7.63±0.65	0.337

如表 7 所示，饲粮不同 Glu 水平对仔猪血清中 GIP、GLP-I以及 IGF-I含量无显著影响(P>0.05)，LG 组和 HG 组血清 INS 含量显著高于 HHG 组（P<0.05)，血清 GC 含量趋势刚好相反，LG 组和 HG 组血清 GC 含量显著低于 HHG 组(P<0.05)，LG 组和 NC 组血清 GH 含量显著低于 HHG 组(P<0.05)。

表 7　饲粮不同 Glu 水平对仔猪血清激素含量的影响

Table 7　Effects of dietary different Glu levels serum hormone contents of piglets

项目 Items	组别 Groups				P 值
	LG	NC	HG	HHG	P-value
胰岛素 INS/(mIU/L)	8.12±0.22[a]	7.72±0.22[ab]	8.46±0.13[a]	7.23±0.50[b]	0.036
胰高血糖素 GC/(pg/mL)	133.26±4.13[b]	145.03±9.88[ab]	129.66±6.51[b]	171.24±23.89[a]	0.120
胃抑素 GIP/(pg/mL)	75.19±2.24	74.10±3.18	78.09±5.48	76.28±2.55	0.888
胰高血糖素样肽-I GLP-I/(pg/mL)	232.22±10.26	211.13±13.68	231.16±12.93	221.36±22.17	0.703
生长激素 GH/(ng/mL)	1.13±0.09[b]	1.04±0.12[b]	1.16±0.13[ab]	1.52±0.15[a]	0.065
胰岛素生长因子-Ⅰ IGF-Ⅰ/(U/mL)	8.80±0.46	8.24±0.58	9.31±0.62	9.19±0.36	0.490

3　讨　论

3.1　饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪器官指数的影响

器官指数是内脏器官的相对重量，是反映动物机体健康的直观指标[10]。陈明洪[10]研究表明，在霉变饲粮中添加 2%的 Glu 对器官具有显著的保护作用。吴苗苗等[7]研究也表明，Glu 对肝脏、肾脏、胰腺和脾脏都具有一定保护修复作用。本研究中，饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪各器官指数均无显著影响，可能是因为仔猪为 35 日龄，内脏器官发育高峰期已过，内脏正常发育，饲粮对其影响不大[11]。

3.2　饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪血清生化指标的影响

血清生化指标受饲粮营养水平的影响，可反映机体营养代谢和生理机能的情况。其中血清 ALB 含量的变化可直接反映机体内蛋白质的合成代谢[12-13]。血清 GLU 含量在病理以及应激情况下会出现过高或过低的情况，在正常情况下保持相对稳定[14]。TG 直接参与胆固醇的合成，是血脂的主要成分之一[15]。伍力等[16]研究表明，饲粮添加 306.64 mg/kg 的谷氨酰胺

对大鼠血清 ALB 含量的提高有一定的作用。吴苗苗等[7]研究表明，饲粮中添加 2%的 Glu 能够显著缓解由于呕吐毒素带来的血清 GLU 含量的升高。本试验中，饲粮 Asp 水平为 1.7%时，显著降低了血清 TG 含量；饲粮 Glu 水平为 3.2%时，显著升高了血清 ALB 含量，显著降低了 GLU 和 TG 含量。但是本试验室前期研究表明，当饲粮 Glu 水平为 3.2%或者 Asp 水平为 1.7%时，对生长性能具有抑制作用，这可能是因为 Glu 和 Asp 作为机体重要的供能物质，大量氧化，维持肠道健康[17]，但是未促进机体生长。

3.3 饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪血清激素含量的影响

GIP 是在进食后释放的重要的饱感激素，可增强葡萄糖依赖的 INS 的合成与分泌，同时抑制 GC 的分泌，延缓胃排空，减少胃肠蠕动和胃酸的分泌[18]。本试验中，随着饲粮 Asp 水平的升高，血清 GIP 含量降低。而本试验室前期研究也表明，生长性能与血清 GIP 含量趋势一致。在一定范围内，Glu 可以作为信使诱导细胞分泌 INS[19]。彭彰智[11]研究表明，在基础饲粮中添加 1%的 Glu，血清 GH 含量显著增高[11]。本试验中，当饲粮 Glu 水平为 3.5%时，降低了血清 INS 含量，但是升高了血清 GC 和 GH 含量，这与彭彰智[11]研究结果一致。本试验结果也与 Matsunaga 等[20]的研究结果类似，说明饲粮 Glu 水平的升高可以促进机体内 GH 的分泌，降低血清 GLU 和 INS 含量。

4 结 论

① 饲粮不同 Glu 和 Asp 水平对仔猪器官指数无显著影响。

② 饲粮 Asp 水平为 1.7%时，显著降低了血清 TG 含量。饲粮 Glu 水平为 3.2%时，显著升高了血清 ALB 含量，降低了血清 GLU 和 TG 含量。

③ 随着饲粮 Asp 水平的升高，血清 GIP 含量降低。饲粮 Glu 水平为 3.5%时，降低了血清 INS 含量，升高了血清 GC 和 GH 含量。

致谢：感谢中国科学院亚热带农业生态研究所公共技术服务中心对本试验的大力支持。

参考文献：

[1] WU G Y,BAZER F W,DAVIS T A,et al.Important roles for the arginine family of amino acids in swine nutrition and production[J].Livestock Science,2007,112(1/2):8–22.

[2] BARB C R,CAMPBELL R M,ARMSTRONG J D,et al.Aspartate and glutamate modulation of growth hormone secretion in the pig:possible site of action[J].Domestic Animal Endocrinology,1996,13(1):81–90.

[3] WANG H B,LIU Y L,SHI H F,et al.Aspartate attenuates intestinal injury and inhibits TLR4 and NODs/NF-κB and p38 signaling in weaned pigs after LPS challenge[J].European Journal of Nutrition,2016,56(4):1433–1443.

[4] DUAN J L,YIN J,WU M M,et al.Dietary glutamate supplementation ameliorates mycotoxin-induced abnormalities in the intestinal structure and expression of amino acid transporters in young pigs[J].PLoS One,2014,9(11):e112357.
[5] 石海峰.天冬氨酸对脂多糖刺激断奶仔猪肠道损伤的调控作用[D].硕士学位论文.武汉:武汉轻工大学,2013.
[6] YIN J,LIU M,REN W,et al.Effects of dietary supplementation with glutamate and aspartate on diquat-induced oxidative stress in piglets[J].PLoS One,2015,10(4):e0122893.
[7] 吴苗苗,肖昊,印遇龙,等.谷氨酸对脱氧雪腐镰刀菌烯醇刺激下的断奶仔猪生长性能、血常规及血清生化指标变化的干预作用[J].动物营养学报,2013,25(7):1587–1594.
[8] 段杰林.酸性氨基酸缓解过氧化氢介导仔猪肠道氧化损伤机制研究[D].硕士学位论文.北京:中国科学院大学,2016.
[9] 王利剑.酸性和碱性氨基酸对断奶仔猪肠道氨基酸吸收及转运的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国科学院大学,2017.
[10] 陈明洪.呕吐毒素对育肥猪的影响及酸碱性氨基酸干预效应[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2013.
[11] 彭彰智.谷氨酸对断奶仔猪的营养及肠道神经系统的影响[D].硕士学位论文.南昌:南昌大学,2012.
[12] 辛亮.不同日粮类型对仔猪生产性能及血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2013.
[13] 管武.理想氨基酸模式提高猪生产性能的机理[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,1997.
[14] SHIRAYAMA H,OHSHIRO Y,KINJO Y,et al.Acute brain injury in hypoglycaemia-induced hemiplegia[J].Diabetic Medicine,2004,21(6):623–624.
[15] 杨小婷.饲粮蛋白、能量和纤维水平对圩猪生产性能、肉质和血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2013.
[16] 伍力,尹杰,何流琴,等.谷氨酰胺对缓解呕吐毒素刺激大鼠损伤作用的研究[J].肠外与肠内营养,2012,19(3):159–163.
[17] WATFORD M.Glutamine metabolism and function in relation to proline synthesis and the safety of glutamine and proline supplementation[J].Journal of Nutrition,2008,138(10):2003S–2007S.
[18] 宋燕青,张四喜,孙丽蕊,等.新一代降血糖药——肠促胰素[J].现代预防医学,2012,39(18):4887–4889.
[19] MAECHLER P,WOLLHEIM C B.Mitochondrial glutamate acts as a messenger in glucose-induced insulin exocytosis[J].Nature,1999,402(6762):685–689.
[20] MATSUNAGA N,KUBOTA I,ROH S G,et al.Effect of mesenteric venous volatile fatty acids (VFA) infusion on GH secretion in sheep[J].Endocrine Journal,1997,44(5):707–714.

Effects of Dietary Different Glutamate and Aspartate Levels on Organ Indexes, Serum Biochemical Parameters and Hormone Contents of Piglets

LI Yuying[1,2] HAN Hui[1,2] WANG Qian[3] LI Chunyong[1] YAO Jiming[4] DENG Jinping[3,5] FAN Wenjun[4] LI Tiejun[1,4,6*]

（1. *Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Region*, *Institute of Subtropical*

Agriculture, *Chinese Academy of Sciences; National Engineering Laboratory for Pollution Control and Waste Utilization in Livestock and Poultry Production*, *Hunan Provincial Engineering Research Center for Healthy Livestock and Poultry Production*, *Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central*, *Ministry of Agriculture*, *Changsha* 410125, *China*; 2. *University of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100039, *China*; 3. *Department of Animal Science*, *Hunan Agriculture University*, *Changsha* 410125, *China*; 4. *Guangdong Wangda Group Academician Workstation for Clean Feed Technology Research and Development in Swine*, *Guangzhou* 510663, *China*; 5. *College of Animal Science of South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China*; 6. *Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety*, *Changsha* 410128, *China*）

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of dietary different glutamate and aspartate levels on organ indexes, serum biochemical parameters and hormone contents of piglets. Forty-two healthy crossbred weaned piglets (Duroc×Landrace×Yorkshire) were randomly divided into 6 groups with 7 replicates per group and 1 pig per replicate. Dietary glutamate and aspartate levels in the control group (NC group) were 2.9% and 1.5%, respectively; and dietary glutamate and aspartate levels in other groups were adjusted to 2.9% and 1.3%（LA group）, 2.9% and 1.7%（HA group）, 2.6% and 1.5%（LG group）, 3.2% and 1.5%（HG group）, 3.5% and 1.5%（HHG group） based on NC group diet, respectively. The experiment lasted for 21 days. The organ indexes, serum biochemical parameters and hormone contents were measured at the end of the experiment. The results showed as follows: 1) dietary different glutamate and aspartate levels had no significant effects on organ indexes of piglets （*P*>0.05）. 2) The serum triglyceride content of LA group and NC group was significantly lower than that of HA group (*P*<0.05), the serum triglyceride content of HG group and HHG group was significantly lower than that of LG group (*P*<0.05), the serum albumin content of LG group was significantly lower than that of NC group and HG group (*P*<0.05), the serum glucose content of LG group and HG group was significantly lower than that of HHG group (*P*<0.05). 3) The serum gastric inhibitory polypeptide content of HA group was significantly lower than that of LA group (*P*<0.05), the serum insulin content of LG group and HG group was significantly higher than that of HHG group (*P*<0.05), the serum glucagon content of LG group and HG group was significantly lower than that of HHG group

(P<0.05), the serum growth hormone content of LG group and NC group was significantly lower than that of HHG group (P<0.05). It is concluded that dietary different glutamate and aspartate levels affect serum biochemical parameters and hormone contents, while has no significant effects on organ development of piglets.

Key words: acid amino acids； glutamate；aspartate； piglets； organ indexes; serum biochemical parameters； hormone

*Corresponding author, professor, E-mail: tjli@isa.ac.cn （责任编辑　武海龙）